

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ЮНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ «ОТКРЫТИЯ 2030»**

**Влияние спектральной подсветки и других физиологических факторов на  
выращивание рассады томатов в условиях домашней теплицы**  
(Биотехнология)

**Выполнила:**  
**Бондаревская Жанна Ильинична**  
Муниципальное автономное  
общеобразовательное учреждение  
«Лицей № 97», г. Челябинск, 6 класс.

**Руководитель:**  
**Красавин Эдуард Михайлович**  
Педагог – организатор,  
Муниципальное автономное общеобразовательное  
учреждение «Лицей № 97», г. Челябинск.  
Муниципальное общеобразовательное учреждение  
«Средняя общеобразовательная школа №1»,  
г. Верхний Уфалей, Челябинская область

Челябинск, 2020

## Содержание

Введение	1
Методика исследования	
Экспериментальная база – домашняя теплица	2
Конструкция корпуса теплицы	2
Влияние светового спектра на рост и развитие растений	3
Параметры ламп, применяемых для домашних теплиц	4
Вариант освещения теплицы	5
Обогрев теплицы	5
Устройство проветривания теплицы	6
Электрическая схема теплицы и системы автоматизации	6
Томаты	6
Выращивание рассады томатов в условиях домашней теплицы	7
Выводы	9
Список литературы и интернет – источников	10
Приложение	

## **Влияние спектральной подсветки и других физиологических факторов на выращивание рассады томатов в условиях домашней теплицы**

### **Введение**

Солнечный свет – один из наиболее важных для жизни растений экологических показателей. Он поглощается хлорофиллом и используется при построении первичного органического вещества [1], [3], [12]. При недостаточной освещённости, в клетках нарушается фотосинтез, снижается иммунитет к болезням, замедляется рост. Особенно критичным, этот показатель является, для выращивания рассады овощных культур в домашних условиях [4]. При недостатке освещённости растение претерпевает значительные изменения. Листья становятся более окрашенными и немного увеличиваются в размерах, начинается вытягивание междоузлий стебля, который при этом теряет свою прочность. Затем их рост постепенно уменьшается, поскольку резко снижается производство продуктов фотосинтеза, идущих на построение тела растения [6], [8], [9]. Из таких саженцев, в будущем, не могут сформироваться полноценные урожайные растения. Поэтому, рассаду необходимо досвечивать.

В условиях Уральского региона, основным периодом высаживания рассады овощных культур, в частности томатов, является февраль [5], [9]. Естественное освещение, в этот период, является недостаточным для нормального развития саженцев [11]. Усугубляется этот фактор и определёнными техническими особенностями градостроительства многоквартирных домов (теснота застройки, малый размер окон и светопропускная способность многослойных стеклопакетов, географическая ориентация окон) [2], [7]. Нормализовать условия выращивания рассады в домашних условиях можно двумя способами:

- организовать искусственную дополнительную подсветку для рассады, оставив остальные условия произрастания на уровне комнатных условий (влажность и температурный фактор);
- организовать искусственные условия произрастания в условиях комнатной теплицы, где все факторы произрастания оптимизированы.

В связи с этим, мы решили исследовать возможности произрастания рассады томатов в условиях оптимизации физиологических факторов роста растений.

Домашняя теплица — это закрытое пространство, специально оборудованное для выращивания растений, позволяющее регулировать микроклимат и поддерживать благоприятные условия для роста [3], [9]. Поскольку помещение теплицы является, по сути закрытым ящиком, необходима продуманная система принудительной вентиляции, которая в совокупности с поливом обеспечит благоприятный режим влажности.

Одним из важнейших параметров является световой режим [10]. Помимо основной подсветки, очень часто применяют спектральную [6], [5], [11].

Исследованиями учёных доказано, что определённые участки светового спектра положительно или отрицательно сказываются на произрастании растений [1], [3], [12]. Особенно актуальным этот вопрос становится при домашнем выращивании растений, поскольку они частично лишены естественного освещения полным солнечным спектром.

Изучение различных вариантов конструкции домашних теплиц, влияния света с разной длиной волны, влажности и температуры на рост и развитие растений, обуславливает поставленную в работе цель.

Цель работы – исследование оптимизации физиологических факторов на развитие и рост рассады томатов в условиях домашней теплицы.

Достижение поставленной цели предполагало решение ряда задач:

- изучение литературных и интернет - источников по вопросам изготовления домашних теплиц, влиянию светового режима и других физических факторов на рост и развитие растений;
- разработка и создание конструкции домашней теплицы с функцией спектральной подсветки;
- проведение экспериментальной работы по выявлению оптимизации физиологических факторов, определённых участков светового спектра, оказывающих благоприятное воздействие на рост и развитие растений;
- анализ полученных экспериментальным путём данных.

Исследование проведено на базе экспериментальной лаборатории лица №97 г. Челябинск.

## **Методика исследования**

### **Экспериментальная база – домашняя теплица**

Затруднительно точно спрогнозировать урожаи разных культур от получаемого ими света [7]. Это связано с постоянно меняющимися по интенсивности и спектру его характеристиками. Если одну и ту же овощную культуру выращивать в разных условиях среды, то минимальный урожай будет в открытом грунте. Здесь, кроме резких изменений освещённости, накладываются дополнительно и не менее резкие колебания температуры, влажности, скорости ветра. В теплицах урожаи всегда будут выше, так как можно отчасти регулировать другие параметры микроклимата [4].

Домашние парники должны удовлетворять следующим требованиям: поддержание внутри конструкции микроклимата, необходимого для растений. Конструкция должна легко открываться, чтобы в любой момент можно получить доступ к растениям, выполнить орошение и т.д. Все насаждения должны быть видны при просмотре с любых сторон. Дизайн конструкции должен вписываться в интерьер помещения, в котором она установлена. Устройство должно выдерживать многократное открывание-закрывание [2], [6], [10].

Преимущества компактных парников для квартиры, сделанных своими руками: низкая цена; простота создания; мобильность.

### **Конструкция корпуса теплицы**

Корпус теплицы имеет рамную конструкцию и выполнен из алюминиевого профиля. Основание и верхняя часть теплицы изготовлена из стеклопластика. Задняя стенка теплицы изготовлена из оргалита [9]. Этот материал обладает способностью выдерживать нагревание и не изменять своей формы, в отличие от многих пластмасс. Поскольку на задней стенке располагается сетка нагревателя, выбор этого материала наиболее целесообразен, к тому же он является относительно лёгким. Лист оргалита, перед установкой, с наружной стороны обклеили декоративной плёнкой, а с внутренней алюминиевым скотчем, хорошо отражающим свет и тепло. Боковые стенки изготовлены из поликарбоната и обклеены подобным образом, как и задняя стенка. Дверцы теплицы выполнены из алюминиевого профиля со вставкой из прозрачного поликарбоната. Поликарбонат обладает отменной лёгкостью и отлично сохраняет тепловой режим внутри теплицы. Конструкция теплицы получилась очень лёгкой, что обеспечивает её мобильность. Основные размеры; высота – 1000 мм, длина – 1000 мм, ширина – 400 мм. Фотографии изготовления каркаса теплицы, приведены в приложении (приложение, рис.1).

### **Влияние светового спектра на рост и развитие растений**

Солнечный свет или освещение, которое мы можем получить при использовании специальных светодиодных панелей или ламп, никогда не был однородной субстанцией[6]. Чаще всего подобный свет используется для того, чтобы выращивать овощи, и по этой причине электромагнитные волны, которые плавно переходят одна в другую (свойство такого типа освещения) считаются самым оптимальным для культивирования растений [7]. Подобное слияние волн называют спектром света, а его составляющие, соответственно – спектральными частями. На растения свет способен воздействовать как прямо, так и косвенно при помощи всех частей спектра, которые могут быть не только видимыми, но и невидимыми.

Любые части света, которые дает солнце, обладают своей определенной волной (приложение, рис.2). Влияние каждого участка спектра света на жизнедеятельность растений, различно[3]. Спектральная составляющая фиолетовой и синей области тормозят рост стеблей, листовых черешков и пластинок, формируют компактные растения и более толстые листья, позволяющие лучше поглощать и использовать свет в целом [5]. Эти лучи стимулируют образование белков, органосинтез растений, переход к цветению короткодневных растений, замедляют развитие растений длиннодневных [9].

Сине-фиолетовая часть спектра почти полностью поглощается хлорофиллом, что создаёт условия для максимальной интенсивности фотосинтеза [8]. Зелёная составляющая спектра практически проходит через листовые пластинки, не поглощаясь ими. Последние под их действием становятся очень тонкими, а осевые органы растений вытягиваются. Уровень фотосинтеза – самый низкий, как и общий уровень развития растения. Красная

и оранжевая составляющие спектра, представляют собой основной вид энергии для фотосинтеза [2], [8].

Наиболее важной является область 625-680 нм, способствующая интенсивному росту листьев и осевых органов растений. Этот спектр очень полно поглощается хлорофиллом и увеличивает образование углеводов при фотосинтезе [8]. Зона красно-оранжевого спектра имеет решающее значение для всех физиологических процессов в растениях. Учёные установили особенность красных лучей (600-690 нм) низкой интенсивности (не выше 620 лк) активно воздействовать на физиологические процессы в растениях, чувствительных к смене света темнотой и обратно (фотопериодических) [3], [11]. Это в первую очередь относится к тепличным томатам и огурцам. При облучении их в вечерние сумеречные часы указанным светом специальных ламп был получен эффект ускорения развития, усиления ростовых процессов и повышения урожайности [6].

Точно зная действие каждого участка солнечного спектра на овощные и другие культуры, учёные создают растениеводческие лампы с оптимизированным светом для выращивания рассады в теплицах и культур в условиях камер (домашних теплиц) [1], [5], [8]. Графическая зависимость величины спектрального поглощения хлорофиллом растений в зависимости от длины волны спектра демонстрируется на графике (приложение, рис.3).

Очевидным является значительное влияние красно-оранжевой части спектра. При выборе ламп для освещения необходимо учитывать, что ультрафиолетовое излучение менее (280 нм.) является губительным для растений [9]. Длинные ультрафиолетовые лучи (315-380 нм.) необходимы для обмена веществ и роста растений [4]. Они задерживают вытягивание стеблей, повышают содержание витамина С. Средний ультрафиолет (280-315 нм.) действуют наподобие пониженных температур, способствуя процессу закаливания растений и повышая их холодостойкость [7].

### **Параметры ламп, применяемых для домашних теплиц**

Люминесцентные лампы можно практически разделить на два типа: обычные бытовые (дневного света); лампы специального назначения для растениеводства [6]. Преимущества обычных ламп: невысокая стоимость, малая температура колбы (40-45 °С), широкий ассортимент. Недостатки: малый (по сравнению с натриевыми и галогеновыми лампами) световой выход, большие габариты, малая доля красного спектра в световом потоке (приложение, рис. 4).

Беспорный лидер среди люминесцентных фитоламп – OSRAM FLUORA 77 цветности. Весьма точно переданы максимумы в синей и красной областях спектра. Внешнее свечение лампы имеет насыщенно розовый оттенок (приложение, рис. 5).

В лампах 965 цветности как Osram, так и Philips красный-жёлтый спектр представлен достаточно полно (приложение, рис. 6). Имея пик в зелёной области и цветовую температуру 6500К, лампы приближаются к естественному

дневному свету[2]. На данный момент компания выпускает стандартные лампы Reflex NG только 830 и 840 цветности. Лампы той же цветности можно встретить у Osram и GE, но без отражателей. Спектры их свечения идентичны

В лампах этого типа, точно передан синий, близок – красный и максимален зелёный, что придаёт свечению холодно белый оттенок приложения (приложение, рис. 7). Основное их достоинство — это мощный световой выход – на 170% превышающий простые люминесцентные лампы[8].

В лампах ДНаТ основная доля излучения лежит в жёлто-зелёной части спектра (от 550-585 нм.) (приложение, рис. 8). КПД лампы для растений очень низкий. Большая мощность лампы (и её нагрев), не позволяет её использование в малых теплицах. Для нормального развития растений достаточно, в случае нехватки естественного освещения, обеспечить следующие режимы досветки[3]:

- 1 000 – 3 000 (лк.) – для растений, астущих в полутени. Как правило, такие растения нуждаются в искусственном освещении только при размещении на значительном удалении от окон;
- 3 000 – 5 000 (лк.) – для растений, предпочитающих рассеянный свет. Пяти тысяч люкс вполне достаточно для нормального развития большинства растений, и это наибольший уровень освещённости для жилых помещений, не вызывающий зрительного дискомфорта;
- более 5 000 (лк.) – для растений, предпочитающих прямые солнечные лучи. При выращивании требовательных экзотов, особенно плодоносящих, потребуется создать уровень освещённости не менее 6-8 тысяч (лк.).

Чтобы объективно оценить цвет света, используется значение цветовой температуры света (единица измерения – Кельвин), которое означают следующее[10]:

- цветовая температура около 2700 К – свертёплый цвет, близкий к цвету излучения лампы накаливания;
- цветовая температура около 3000 К – тепло-белый цвет;
- цветовая температура около 4000 К – нормально белый цвет;
- цветовая температура около 5000 К – холодный белый цвет;
- цветовая температура около 6500 К – естественный дневной цвет

### **Вариант освещения теплицы**

Для нашей теплицы был выбран следующий вариант освещения:

- две лампы OSRAM FLUORA 77 цветности с пиками в фиолетовой и красной областях спектра;
- светодиодная регулируемая по цвету дополнительная спектральная подсветка.

Все лампы имеют отдельные выключатели, позволяющие обеспечивать комбинации режимов освещённости. Для автоматизации процесса управления светом, лампы включены через схему таймера, позволяющего включать и выключать свет по настроенному режиму. Фотографии установки и проверки ламп, приведены в приложении, рис. 9.

## **Обогрев теплицы**

В качестве нагревателя применили четыре секции «тёплого пола». Нагреватель плёночного типа с резистивными дорожками. Плёнку нагревателя установили на оргалитовую заднюю стенку и закрепили пластиковыми держателями. Режим нагрева регулируется термостатом (интервал настройки 5-36 °С). Слежение за внутренней температурой теплицы обеспечивается термодатчиком. При превышении заданной температуры автоматически включается режим проветривания. Конструкция нагревателя представлена на фотографии в приложении, рис. 10.

## **Устройство проветривания теплицы**

Самое простое приспособление для создания оптимальных условий в теплице собирается из термореле и электровентилятора. Выставив срабатывание реле на определенную температуру, мы заставляем систему вентиляции включаться, обеспечивая охлаждение внутреннего пространства. Температура будет регулироваться подаваемым снаружи воздухом. Плюс данной технологии в относительной дешевизне и простоте монтажа. Кроме того, современные технологии позволяют регулировать мощность выдаваемого воздушного потока в зависимости от прогревания внутреннего пространства. Термореле достаточно точно реагируют на определенную температуру, диапазон которой можно задать как на включение, так и на отключение системы. Устройство системы проветривания показано на фотографии в приложении, рис. 11.

## **Электрическая схема теплицы и системы автоматизации**

Электрическая блок – схема и фотография блока управления представлены в приложении, рис. 12, рис.13. Основными элементами автоматизации управления теплицей являются термостат, таймер и схема управления тепловым режимом. Для управления световым режимом применён таймер серии ТРЭ. Таймер обеспечивает режим включения и отключения выбранных источников света по программе, записанной в память устройства. Встроенный источник питания, позволяет сохранять программу при отключении электроэнергии. Режим программирования обеспечивает работу источников света по заданному времени.

Для управления тепловым режимом применяется электронный термостат. Терморегулятор подключен к схеме управления нагревателем и блоком питания вентиляторов. Эта схема является элементом термостатирования. Таким образом, при совместной работе нагревателя и системы проветривания, в теплице практически постоянно сохраняется заданная терморегулятором температура. Внешний вид, изготовленной домашней теплицы, приведён в приложении, рис. 14.



## Томаты

Томат — это однолетнее травянистое растение, но в условиях защищенного грунта при благоприятных условиях томат может плодоносить в течение нескольких лет [5]. Томат обыкновенный (не штамбовый) - различают сорта по высоте (от карликовых (25см) до высокорослых (5м)), форме, окраске и размерам плодов[9]. Корневая система у растений томата развивается быстро. При рассадном способе выращивания корни сильно ветвятся и распределяются в верхнем слое почвы, в основном, на глубине 20-30см. При без рассадного способа выращивания томата длина главного корня может достигать 1,5-2м. В этом случае растения более засухоустойчивы. Придаточные корни томата могут образовываться на любой части стебля в условиях повышенной влажности почвы, например, при пикировке и окучивании растений. Стебель прямостоячий или лежащий под тяжестью плодов, покрыт волосками. Пыльца у томата тяжелая и переносится ветром на расстояние не более 50 см в сухую и жаркую погоду [2], [8].

Плод - сочная многогнездная ягода, разнообразная по форме, окраске незрелого и зрелого плода, массе. Семена томата плоские, мелкие светло и темно-желтые, имеют серый оттенок. У культурных сортов в 1 г содержится 200-300 семян. Семена после выделения находятся в состоянии покоя. Всхожесть семян сохраняется 8-10 лет, но при хороших условиях хранения (в герметически закрытой таре) они могут оставаться всхожими и более 15 лет.

Размножается томат обычно семенами, но возможно и вегетативное размножение, так как боковые побеги и отрезки молодых стеблей легко укореняются. Томаты требовательны к теплу и влаге, на одном месте их можно выращивать 2-3 года, если осенью внесены органические удобрения. Сорта томатов делятся на раннеспелые (от всходов до созревания - меньше 105 дней), среднеранние (106-110 дней), среднеспелые (111 -115 дней), поздние (116-120 дней) и очень поздние (больше 120 дней).

### **Выращивание рассады томатов в условиях домашней теплицы**

Эксперимент проводился с целью выявления эффективного воздействия оптимизации физиологических факторов на развитие и рост рассады томатов в условиях домашней теплицы. Были высажены две партии одинаковых семян (сорт Бабушкин секрет и Благовест).

Первая партия выращивалась при обычных условиях, на окне при естественном дневном освещении (время высадки конец февраля, при соответствующей продолжительности светового дня). Температура соответствовала комнатной – 20-22<sup>0</sup>С.

Вторая партия выращивалась в домашней теплице при воздействии спектральной подсветки (лампа флора - пик в фиолетовой и оранжево - красной части спектра, светодиодная подсветка – красная область спектра). Термостатированная температура составила 26<sup>0</sup>С. Всхожесть семян практически 100 процентов (не взошло одно семя в контрольной партии – сорт Благовест).

По сроку всходов, на одни сутки, опередили семена, выращиваемые в теплице. Это явление можно объяснить более благоприятными температурными условиями и относительной влажностью (приложение, табл. 1).

В период развития и роста проростки, выращиваемые в теплице, значительно опережали образцы контрольной партии (приложение, табл. 2) в среднем на 3-4 см.

По внешнему виду проростки, выращенные в условиях теплицы, выглядели гораздо крепче, имели более толстый стебель и хорошо развитые листья. Фотографии проростков приведены в приложении, рис. 15, рис. 16). В конце мая рассада была высажена в теплицу и далее растения росли, и развивались при одинаковых условиях.

Наблюдения за ростом растений показали, что рассада, выращенная в домашней теплице, развилась в более сильные и высокорослые растения. Плодоносящие кисти этих растений более развиты и плоды более крупные. Спелость плодов также наступала в более ранний период (приложение, рис.17, табл. 3). Анализ результатов сбора плодов выявил, средние значения массовых показателей по контрольным и экспериментальным растениям. В среднем, масса плодов экспериментальных растений, на 35-45% больше массы контрольных (приложение, табл. 4, табл. 5).

## Выводы

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- изучены доступные литературные и интернет – источники по вопросам изготовления домашних теплиц и их конструктивным особенностям;
- изучены доступные литературные и интернет – источники по вопросам влияния спектрального состава света на рост и развитие растений;
- разработана и изготовлена собственная конструкция домашней теплицы с функциями спектральной подсветки, режимом температурного термостатирования и автоматизированными функциями управления светом;
- на изготовленном оборудовании, проведены эксперименты по выращиванию рассады томатов;
- проведён анализ полученных экспериментальным путём данных, доказавших благоприятное влияние на рост и развитие растений спектральной подсветки и оптимальных физиологических режимов выращивания рассады.

**Список литературы и интернет - источников**

1. С.Г. Сааков, Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними. -Л.: Наука, 1985 г.  
<http://grow.kalarupa.com/tag/infra-red/> - Гидропоника в домашних условиях.
2. Ю.А. Беркович, Н.М. Кривобок, С.О. Смолянина, А.Н. Ерохин, Космические оранжереи: настоящее и будущее. М.: "Слово", 2005 г.
3. <http://grow.kalarupa.com/2013/principles-growboxes/> - Основные принципы изготовления гроубокса своими руками.
4. <http://ladyspecial.ru/dom-i-hobbi/svoimi-rukami/podelki-i-igrushki/kak-sdelat-grouboks-grouboks-svoimi-rukami-foto> - Как сделать гроубокс своими руками.
5. <http://www.promgidroponica.ru/index.php?q=node/323> - Свет для растений.
6. <http://www.floralworld.ru/care/light.html> - Влияние света на растения.
7. <http://grow.kalarupa.com/2012/useful-radiation/> - Сравнение полезной доли излучения ламп.
8. <http://grow.kalarupa.com/2011/light-need/> - Сколько и какого цвета нужно растениям.
9. <http://grow.kalarupa.com/2010/role-ranges/> - Роль участков спектра в жизни растений.
10. А.А. Тихомиров, И.Г. Золотухин, Г.М. Лисовский, Ф.Я. Сидько, Специфика реакций растений разных видов на спектральный состав ФАР при искусственном освещении. Физиология растений. 1987 г.
11. С.Ф. Гавриш, Томаты. М.: Вече, 2005 г.
12. А. Панкратова, Опыт выращивания томатов. Издательский дом «Социум», 2011 г.